

AN EXTENSIVE CORONAGRAPHIC SIMULATION APPLIED TO LBT

LABORATORIO
NAZIONALE
ADONI
OTTICA
ADATTIVA

**D. Vassallo^{1,2}, E. Carolo¹, J. Farinato¹, M. Bergomi¹, M. Bonavita³,
A. Carlotti⁴, V. D'Orazi¹, D. Greggio^{1,2}, D. Magrin¹, D. Mesa¹, E.
Pinna⁵, A. Puglisi⁵, M. Stangalini⁶, C. Verinaud⁴, V. Viotto¹**



1. INAF-OAPD 2. Università di Padova 3. ROE-Edinburgo 4. IPAG-Grenoble
5. INAF-Arcetri 6. INAF-Roma



PERCHÉ SHARK?

Considerate:

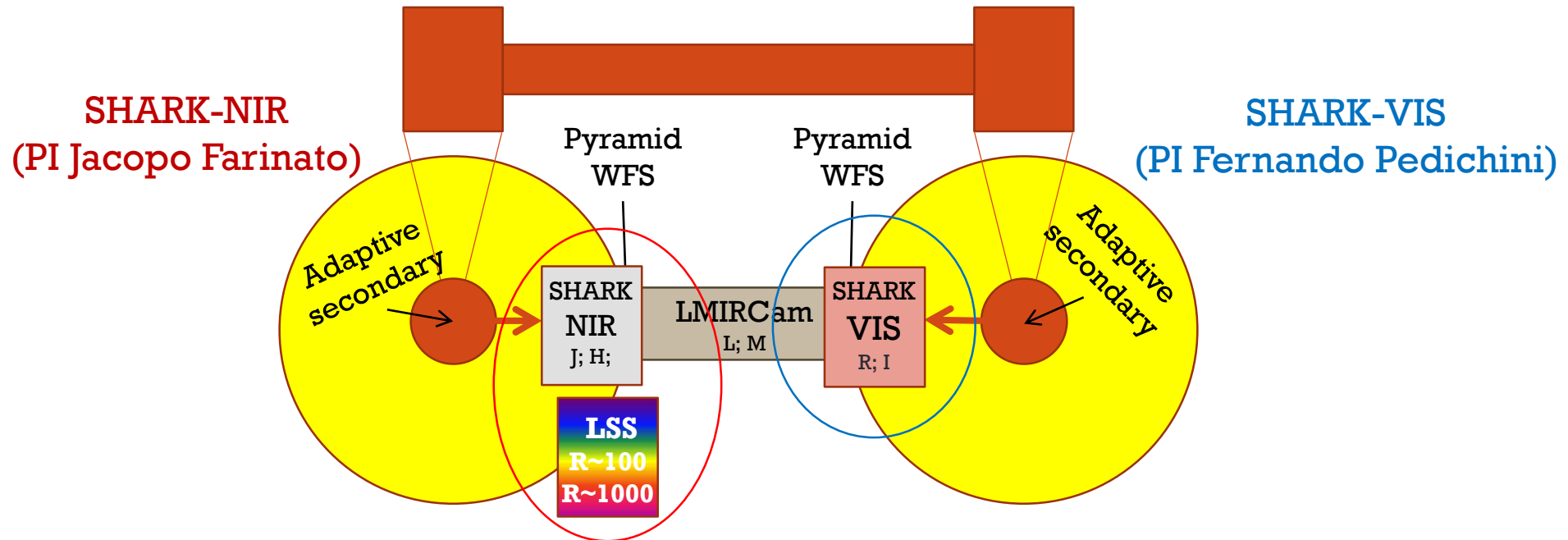
- Le eccellenti performance del sistema di OA di LBT
- Il panorama attuale e i futuri sviluppi della strumentazione scientifica di LBT
- La situazione attuale nell'emisfero boreale
- Il caso scientifico di grande attualità e interesse
- Il desiderio di realizzare un progetto in tempi brevi

Si propone:

- una **camera semplice** (compatta, leggera, vicina al WFS) concepita per **l'imaging ad alto contrasto**
- che lavora nel **VIS** e nel **NIR**
- capace di:
 - **Coronagrafia**
 - **Imaging diretto**
 - **Spettroscopia a bassa risoluzione**



COS'È SHARK?



Bande J, H e K in origine, ma considerando:

- La situazione attuale della strumentazione di LBT (LBTI in banda L)
- .. e gli upgrade futuri (LMIRCam in K)

Si è optato per un design senza banda K, da **1-1.7 μ m**.

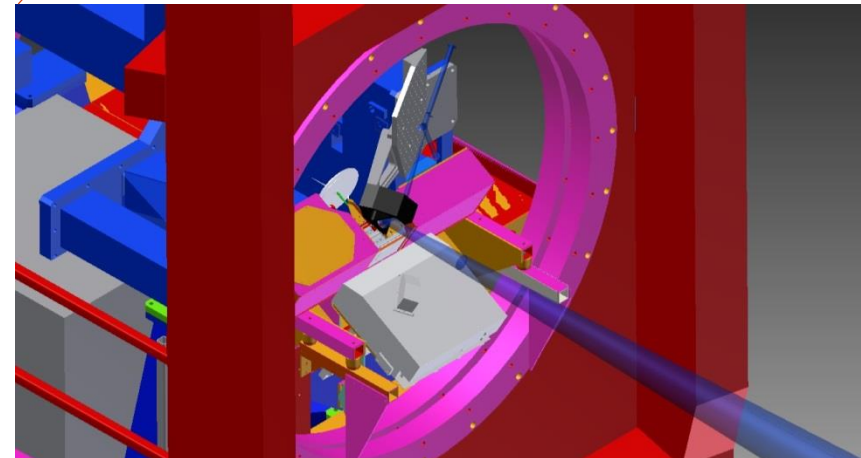
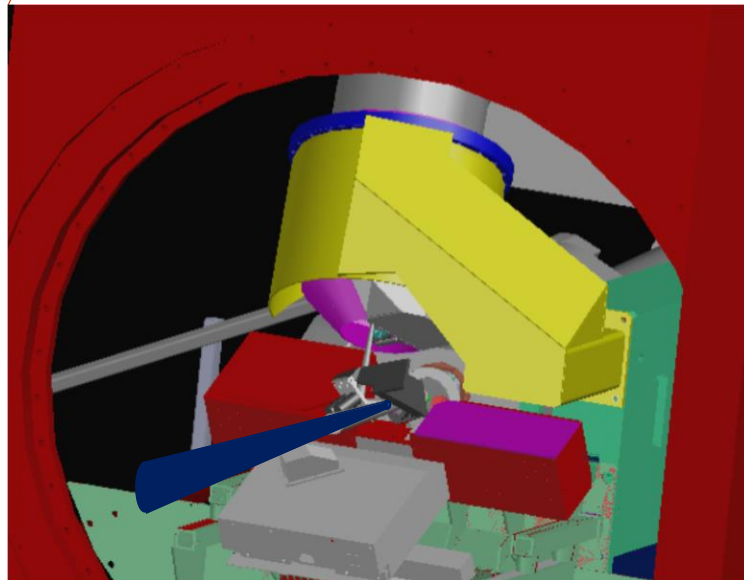
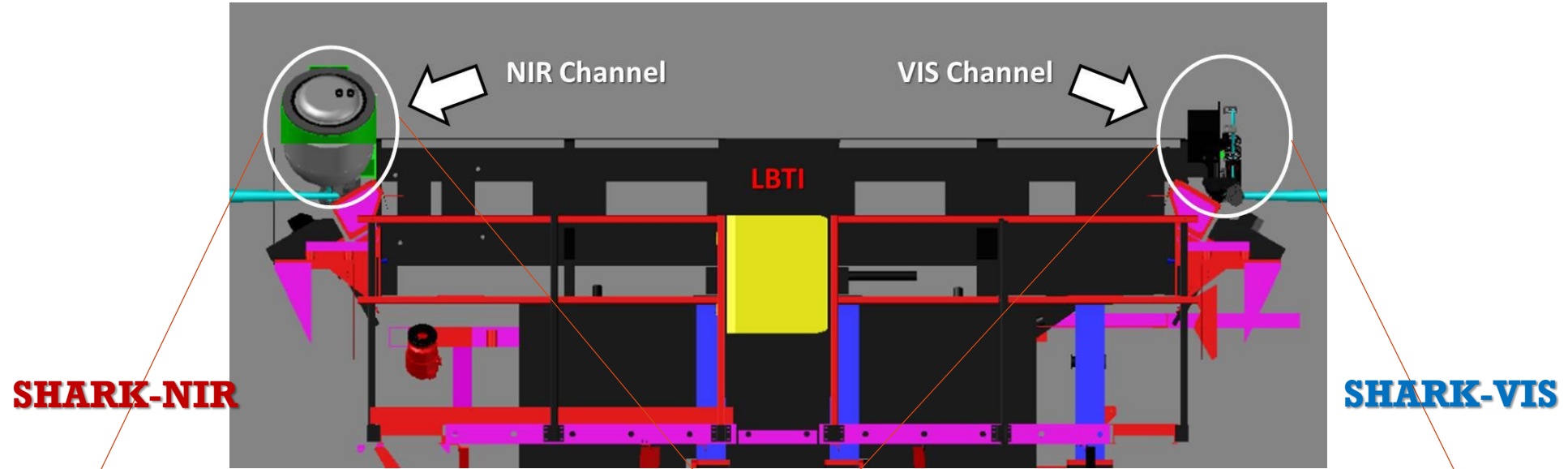
Cos'è SHARK?

- ✓ Camera coronografica nel NIR (J,H)
- ✓ Spettrografo a bassa risoluzione nel NIR (a 2 differenti risoluzioni, $R \approx 100$ and $R \approx 1000$)
- ✓ Camera coronografica nel VIS (R,I)

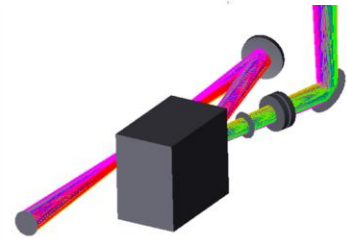
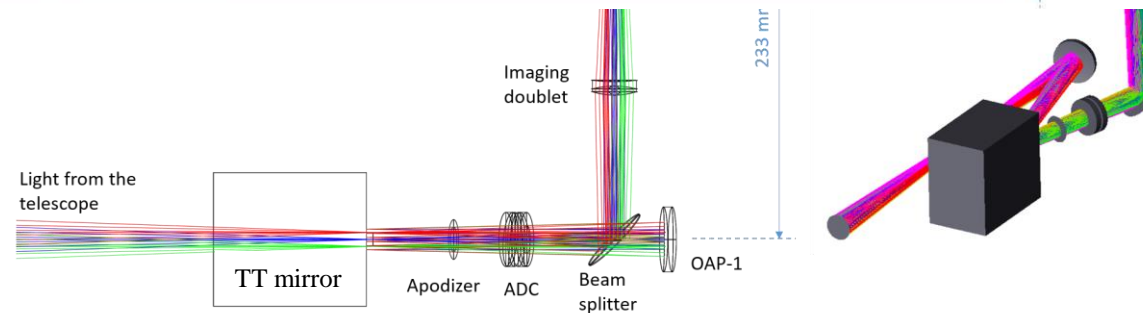
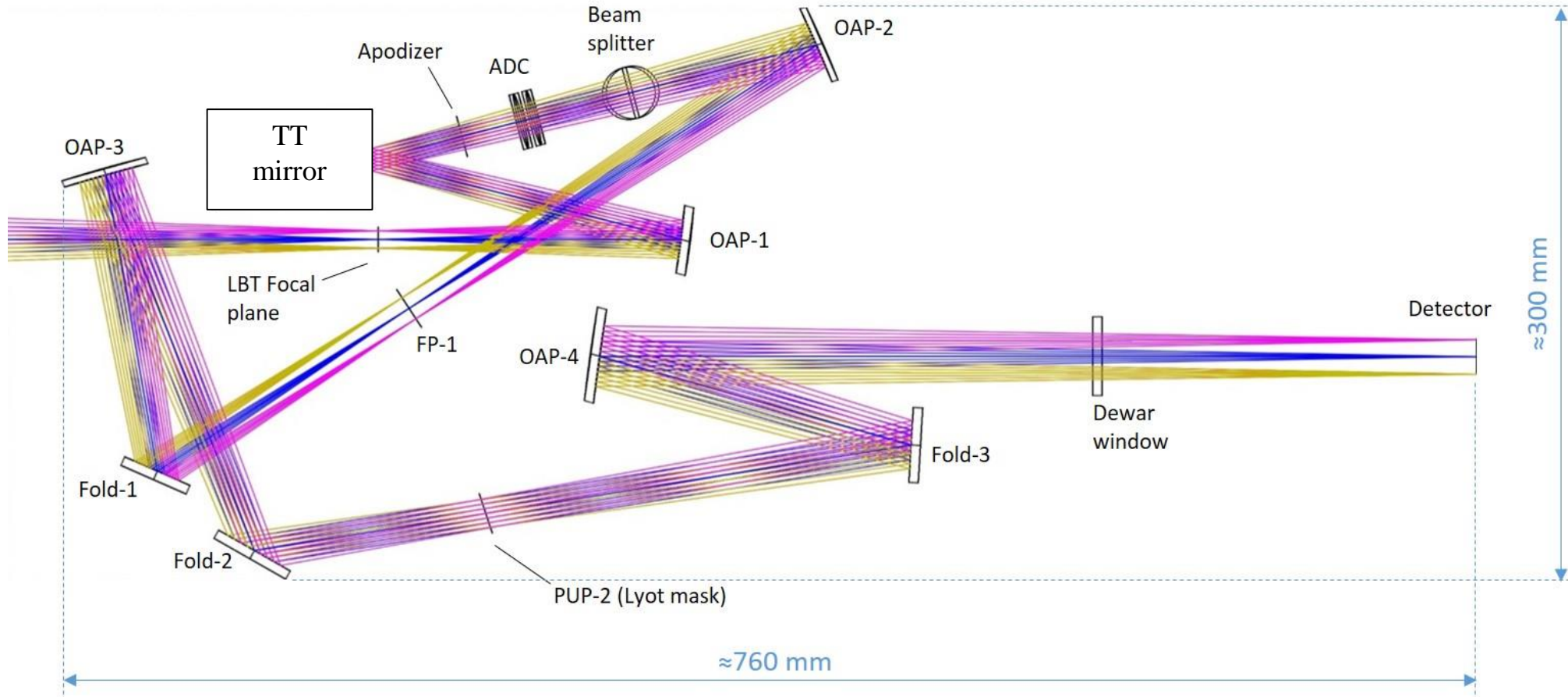


DOV'È SHARK?

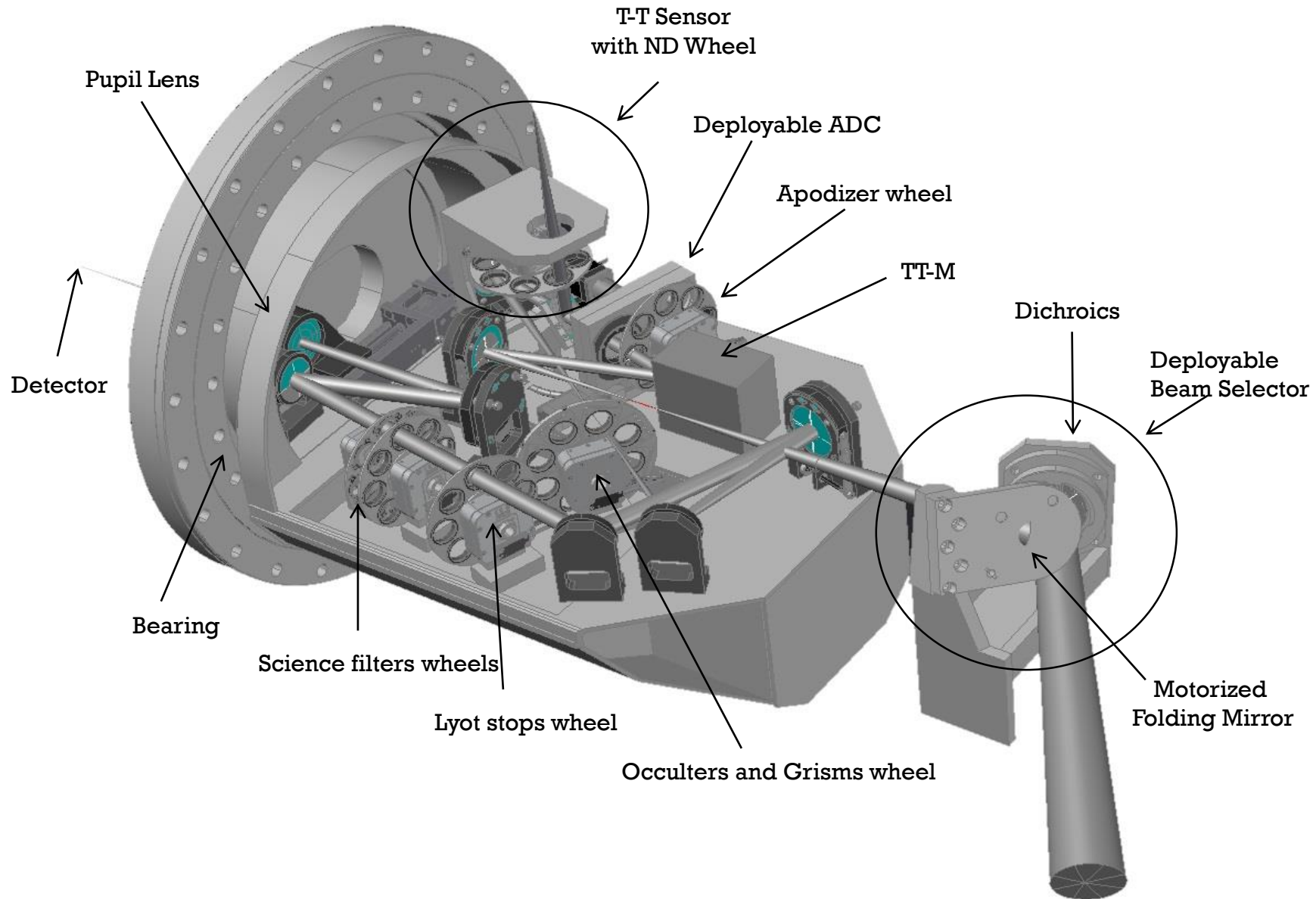
..All'ingresso di LBTI (come da accordo preliminare con Phil Hinz)



DISEGNO OTTICO DI SHARK NIR



DISEGNO MECCANICO



CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Modalità osservative	Imaging/Coronografia/Spettroscopia
Formato detector [px]	1024x1024
FoV x ["]	15.3
FoV y ["]	15.3
FoV lungo la diagonale ["]	22
scala ["/px]	0.015
Raggio di Airy @ 1 micron [px]	2
Raggio di Airy @ 1.25 micron [px]	2.501
# di specchi nella camera	8 (3 piani, 1 TT-M e 4 parabole fuori asse)
ADC	Sì, inseribile
Strehl nominale a 10" di diametro del FoV (in tutte le bande)	>99%



IL CODICE

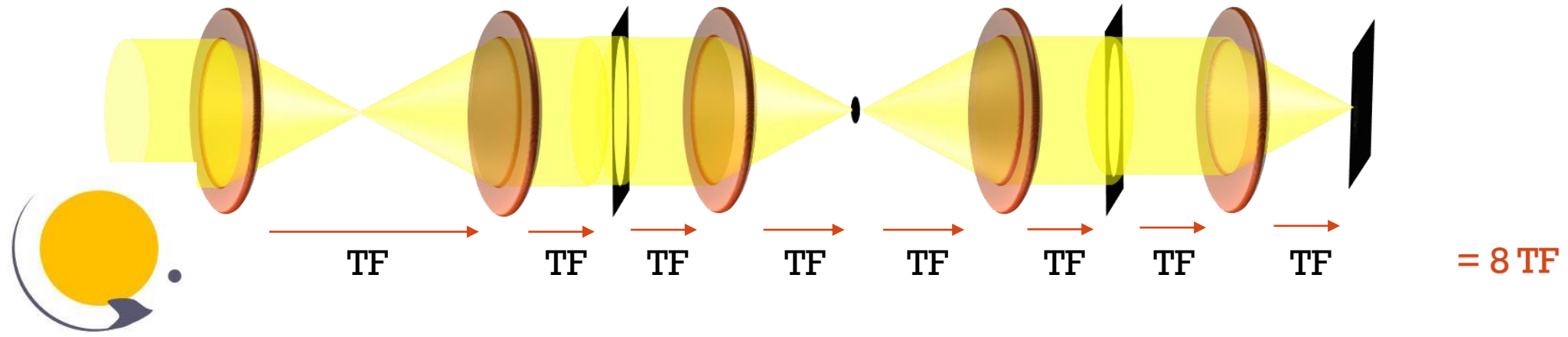
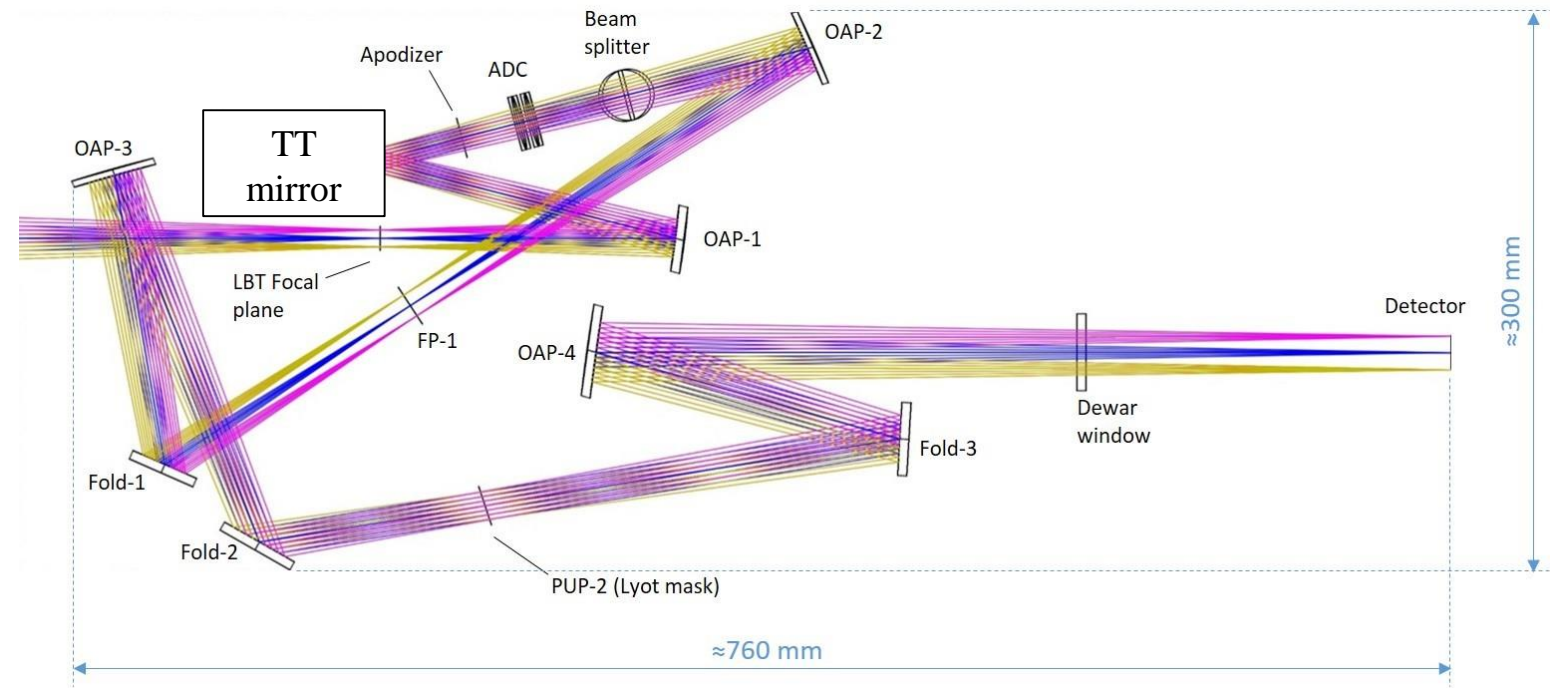
- codice POP (Physical Optics Propagation) basato sulla libreria IDL PROPER.
- Propagazione end-to-end.
- Input: residui correzione AO forniti dal gruppo di Arcetri.
- $\Delta t = 1/f_{OA}$, $f_{OA} = \text{frequenza del loop di Ottica Adattiva}$
- $\Delta \mathbf{x} \propto D/N_{px}$
- Parallelizzazione + FFTW \approx 8 h per una sequenza di 30 immagini



IL CODICE

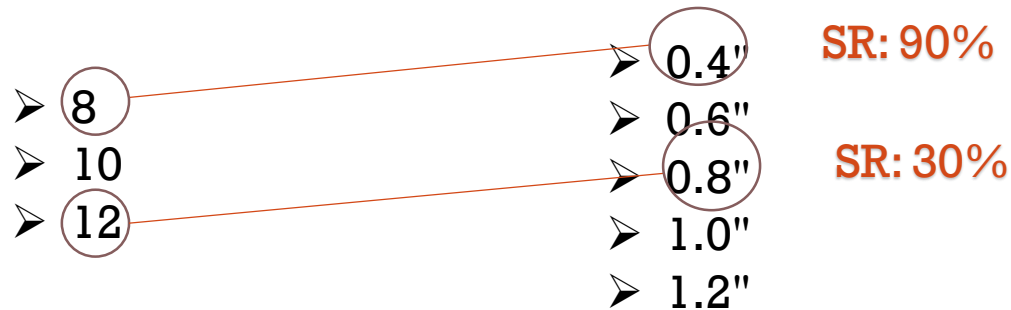


DISEGNO OTTICO



SISTEMA DI OTTICA ADATTIVA

- FLAO (First Light Adaptive Optics) è un sistema a stella di guida naturale che utilizza un sensore di fronte d'onda a piramide.
- Implementazione: datacube di residui (gruppo di Arcetri)



TECNICHE CORONOGRAFICHE

Coronagraph	IWA	Contrast	Throughput	Sensitivity	Bandwidth	# of planes
Classical Lyot	4-5 λ/D	10^{-4}	> 80%	High	?	2
Gaussian Lyot	4-5 λ/D	10^{-4}	?	Medium	?	2
Shaped pupils	3-5 λ/D	$10^{-5} - 10^{-7}$	30-50%	Low	20 %	2-3
APP	2-4 λ/D *	$10^{-5} - 10^{-7}$	30-60%	Low	5-10%	2-3
APLC	3-5 λ/D	$10^{-5} - 10^{-7}$	15-50%	Medium	10-20%	3
Vortex	1-2 λ/D	10^{-4}	> 80%	Medium-High	5-10%	2
Apodized vortex	2-3 λ/D	10^{-8}	< 20%	Medium-High	5-10%	3
PIAA-CMC	1-2 λ/D	10^{-8}	> 80%	Medium-High	5-10%	6

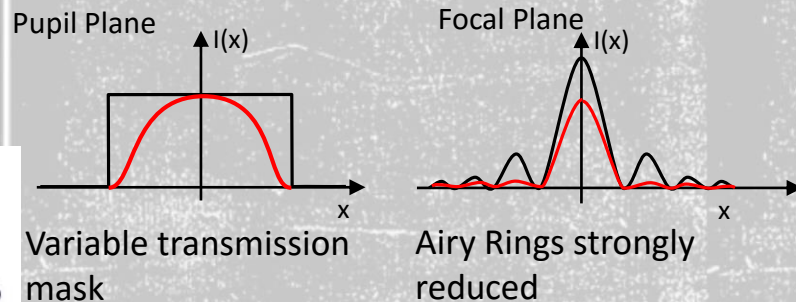
Alto contrasto solo da un lato

Molto sensibile ai bassi ordini

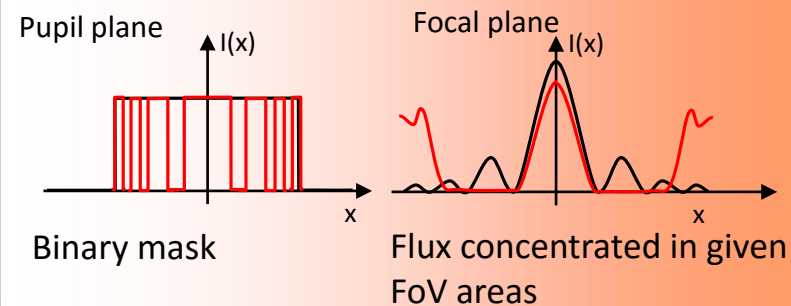
Trasmissione bassa

Troppi piani

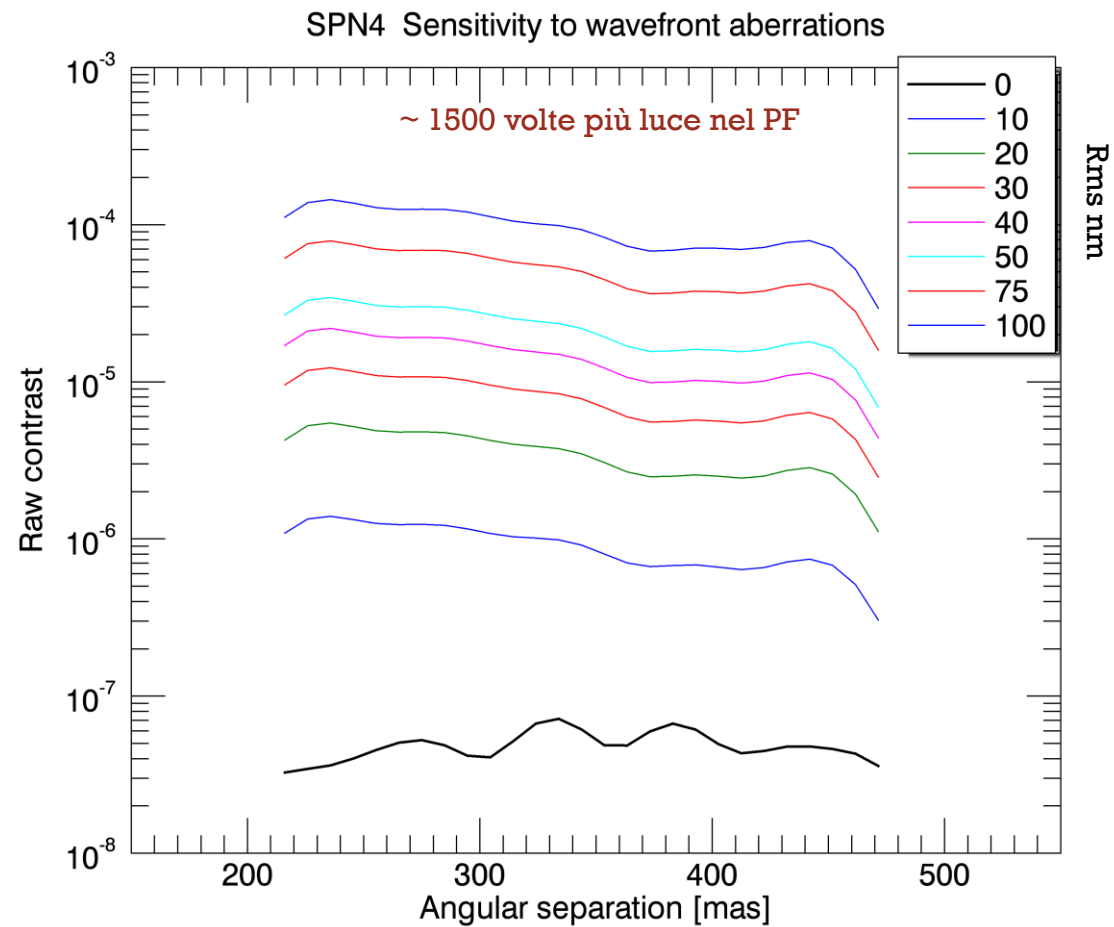
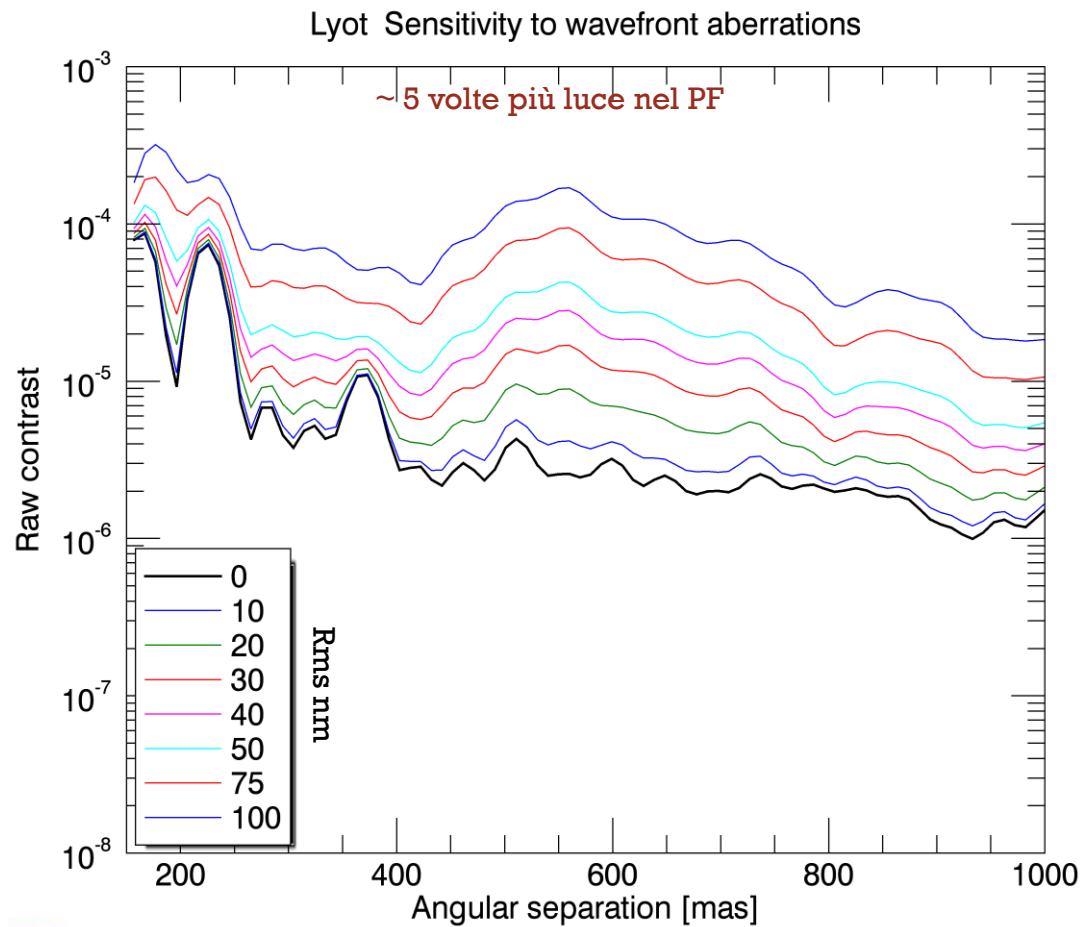
Apodization



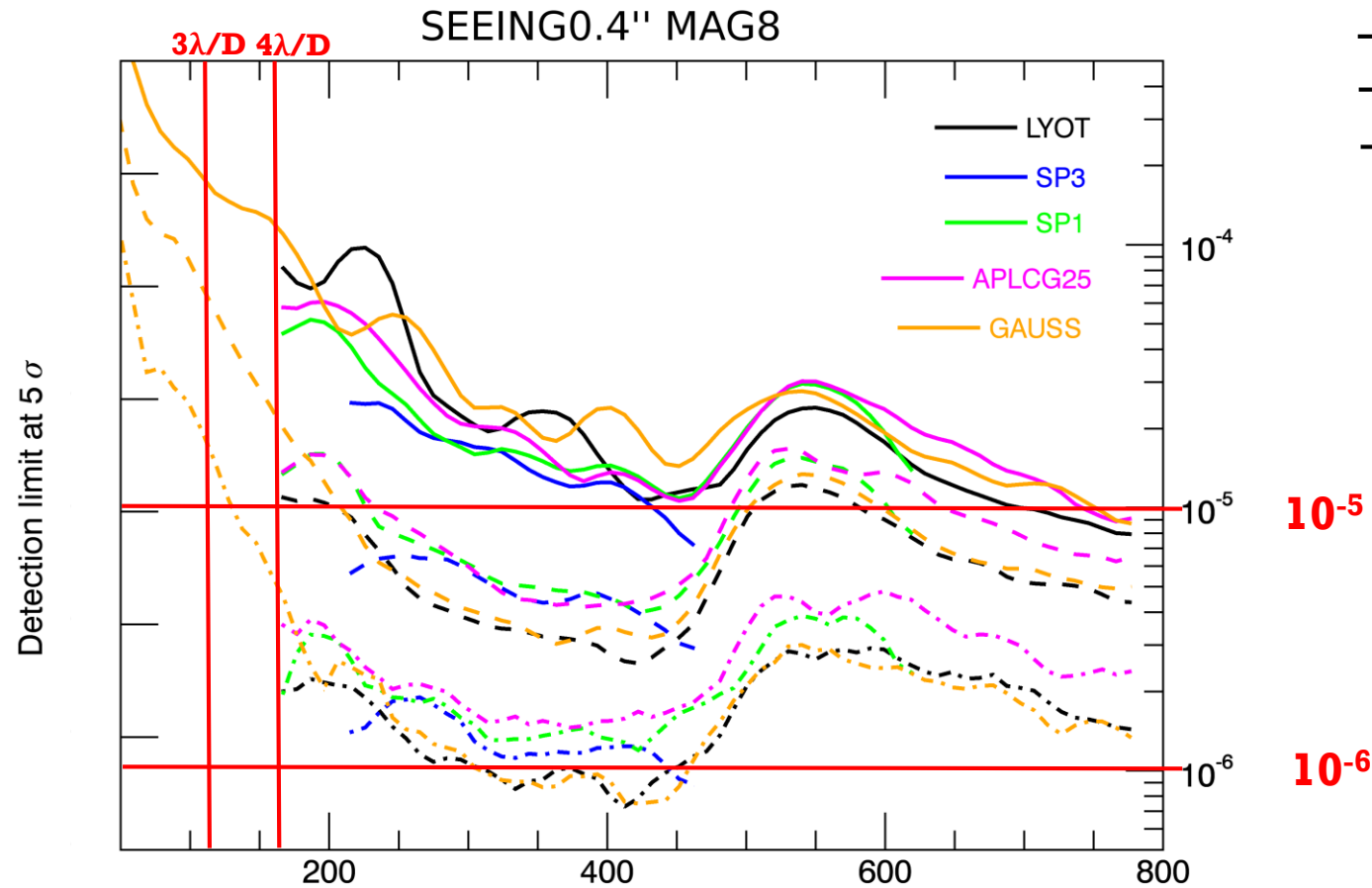
Shaping



APPLICAZIONI: IMPATTO ABERRAZIONI DI FASE



SIMULAZIONI: SEEING 0.4" R=8



ADI Mediane Multiple:

- 1 mediana
- - - 5 mediane
- · - · - 10 mediane

**Ok per stelle brillanti
e seeing 0.4".
Maschere con
IWA < $4\lambda/D$ sono in
fase di studio.**

IWA: $4\lambda/D$ (160 mas in H Band), obiettivo: $2-3\lambda/D$

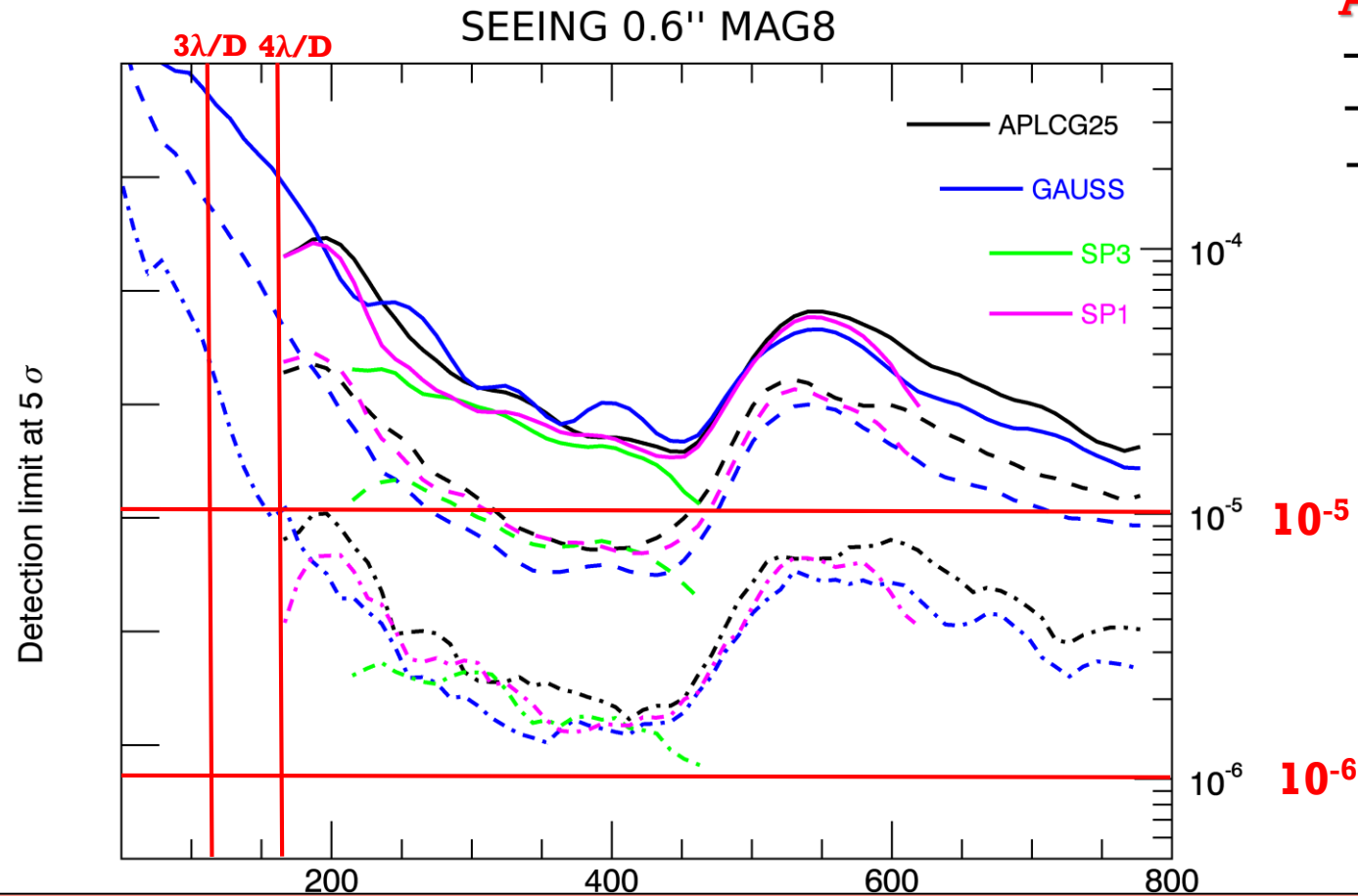
ESOPIANETI

Contrasto: 10^{-6} (obiettivo: 10^{-7}) nell'intervallo 300-500mas, 10^{-5} (obiettivo: 10^{-6}) per sep. < 300 mas

Intervallo di Mag: 5-10 in banda R



SIMULAZIONI: SEEING 0.6" R=8 ADI



ADI Mediane Multiple:

- 1 mediana
- - - 5 mediane
- · - · 10 mediane

**Quasi ok per stelle brillanti e seeing 0.6".
Maschere con IWA < $4\lambda/D$ sono in fase di studio.**

IWA: $4\lambda/D$ (160 mas in H Band), obiettivo: $2-3\lambda/D$

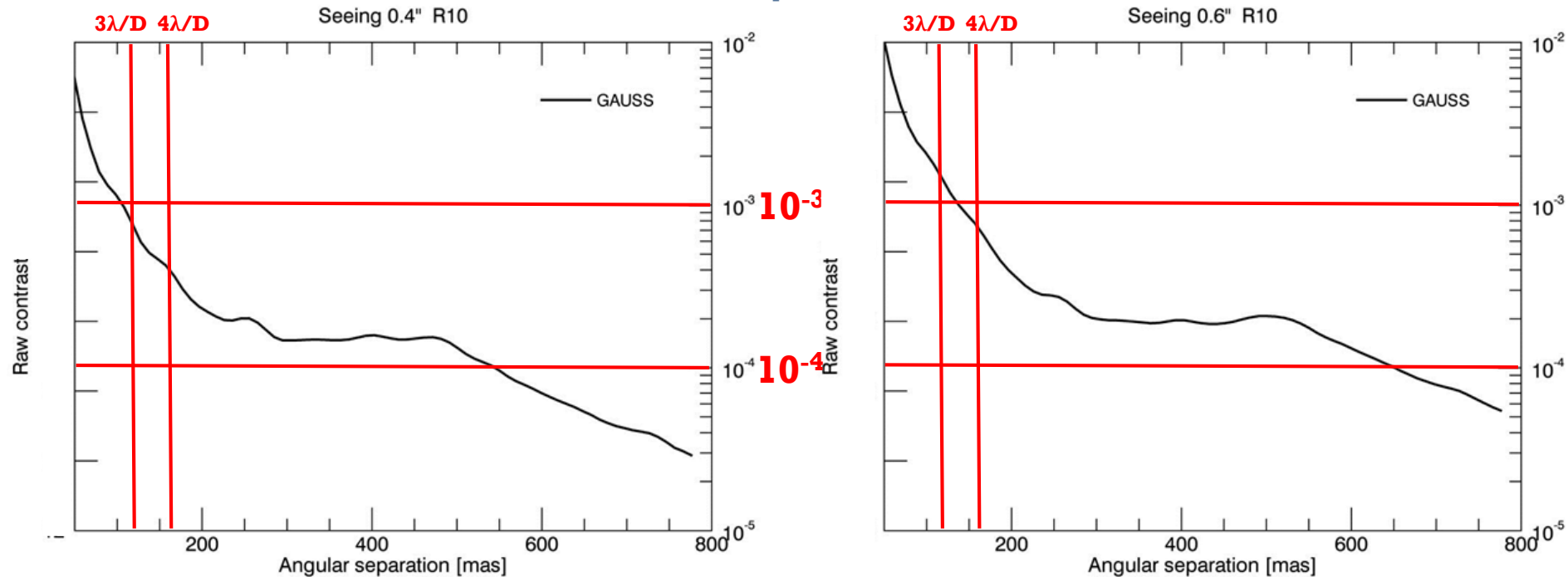
ESOPIANETI

Contrasto: 10^{-6} (obiettivo: 10^{-7}) nell'intervallo 300-500mas, 10^{-5} (obiettivo: 10^{-6}) per sep. < 300 mas

Intervallo di Mag: 5-10 in banda R



SIMULAZIONI: $S=0.4''-0.6''$ $R=10$ NO ADI



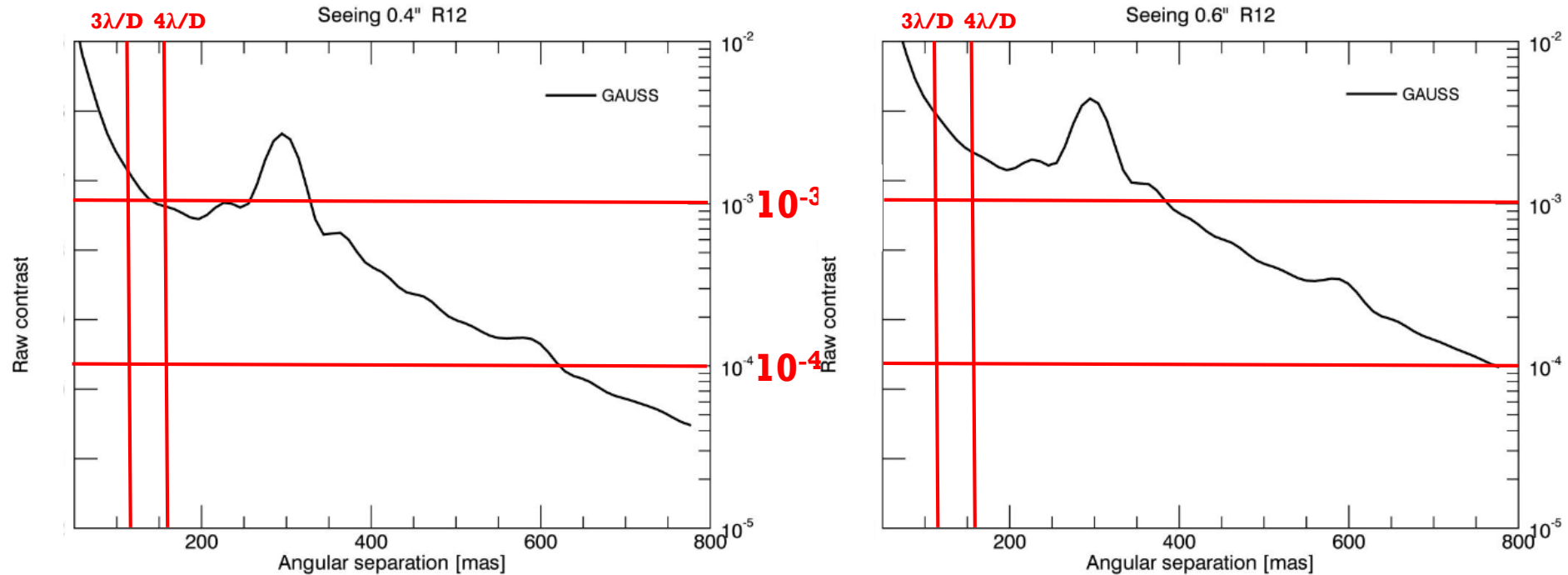
IWA: $3 \lambda/D$ (120 mas in banda H), obiettivo: $2 \lambda/D$ **DISCHI-JETS**
 Contrasto: per i Jets, 10^{-4} (obiettivo: 10^{-5}); per I dischi: 10^{-3} (obiettivo: 10^{-4})
 Intervallo di Mag: 9-14 in banda R FoV: $10''-15''$

Quasi ok (non stiamo considerando l'upgrade SOUL!!)

IWA: $4 \lambda/D$ (160 mas in banda H), obiettivo: $2-3 \lambda/D$ **AGN-QSO**
 Contrasto: 10^{-3} (obiettivo: 10^{-4}) per sep. < 300 mas; 10^{-4} (obiettivo: 10^{-5}) per sep. > 300 mas
 Intervallo di Mag: 9-14 in banda R FoV: $5''$ for DLAs, $10''$ per AGNs



SIMULAZIONI $S=0.4''$ - $0.6''$ $R=12$ NO ADI



IWA: $3 \lambda/D$ (120 mas in banda H), obiettivo: $2\lambda/D$

DISCHI-JETS

Contrasto: per i jets, 10^{-4} (obiettivo: 10^{-5}); per i dischi: 10^{-3} (obiettivo: 10^{-4})

Più difficile, dipende dai casi (non stiamo considerando l'upgrade SOUL!!)

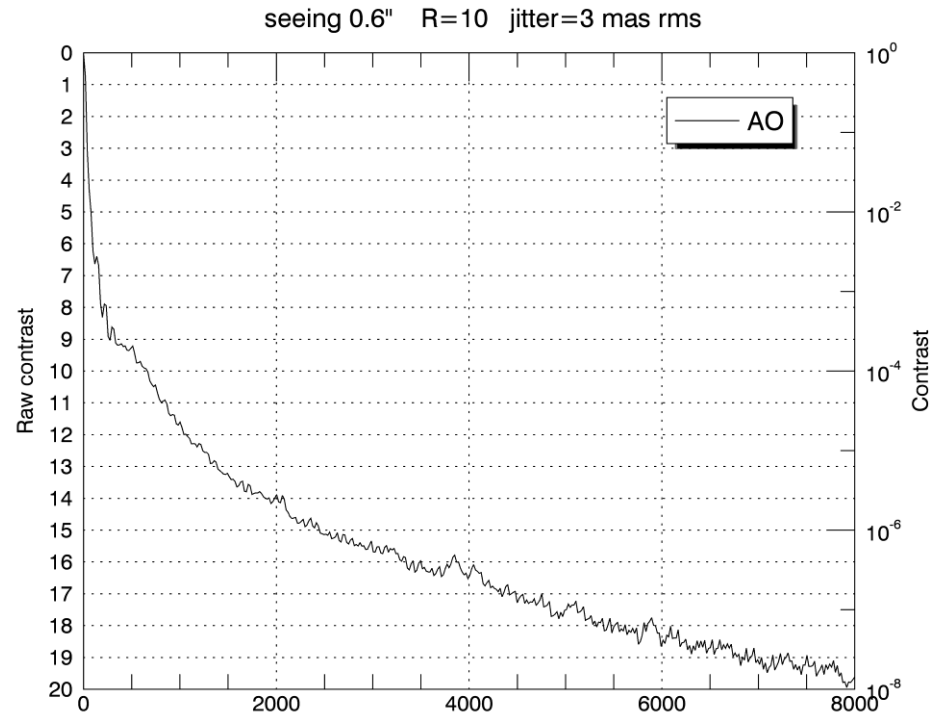
Contrasto: 10^{-3} (obiettivo: 10^{-4}) per sep. < 300 mas; 10^{-4} (obiettivo: 10^{-5}) per sep. > 300 mas

Intervallo di Mag: 9-13 in banda

FoV: 5" for DLAs, 10" per AGNs



SIMULAZIONI: $S=0.6''$ $R=10$ NO ADI



**Ok per grandi
FoV
(profilo PSF AO).**

IWA: $3 \lambda/D$ (120 mas in banda H), obiettivo: $2 \lambda/D$

DISCHI-JETS

Contrasto: per i Jets, 10^{-4} (obiettivo: 10^{-5}); per i dischi: 10^{-3} (obiettivo: 10^{-4})

Intervallo di Mag: 5-12 in banda R FoV: $10''$ - $15''$

IWA: $4 \lambda/D$ (160 mas in banda H), obiettivo: $2-3 \lambda/D$

AGN-QSO

Contrasto: 10^{-3} (obiettivo: 10^{-4}) per sep. < 300 mas; 10^{-4} (obiettivo: 10^{-5}) per sep. > 300 mas

Intervallo di Mag: 9-14 in banda R FoV: $5''$ for DLAs, $10''$ per AGNs



SHARK NIR MILESTONES

- Final Design Review: Dicembre 2016
- Fase di Procurement (8-9 mesi): Settembre 2017
- Fase AIV (8-9 mesi): Giugno 2018
- Installazione al telescopio: Luglio-Agosto 2018
- Commissioning: da Settembre 2018

SHARK NIR in cielo: Autunno 2018



SVILUPPI FUTURI

- Maschere con IWA di 2-3 λ/D
- Implementazione upgrade SOUL
- Sperimentazione nuovi coronografi (Vortex? APP?)
- Simulazione disallineamenti maschere di pupilla e PF
- Introduzione di fake planets per valutazione degli effetti di cancellazione (E. Carolo domani)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

